

# Non-transferred arc plasmatron

Publication number: EP0851720

Publication date: 1998-07-01

Inventor: LANDES KLAUS DR (DE); ZIERHUT JOCHEN DIPPL-ING (DE); HARTMANN RALF DIPPL-PHYS (DE)

Applicant: SULZER METCO AG (CH)

Classification:

- international: H05H1/32; H05H1/34; H05H1/46; H05H1/26; H05H1/46;  
(IPC1-7): H05H1/34

- european: H05H1/34

Application number: EP19970810823 19971103

Priority number(s): CH19960003171 19961223

Also published as:

US5944901 (A1)

JP10189289 (A)

EP0851720 (B1)

Cited documents:

EP0500491

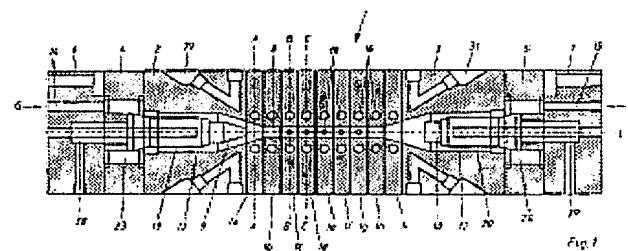
EP0506552

US3786306

[Report a data error here](#)

## Abstract of EP0851720

The generator has an elongated plasma channel (8) formed by a set of neutrodes (1). The electrodes (8,10) required for generating the arc are coaxially with the plasma channel's longitudinal axis (L). The neutrode arrangement contains a number of mutually electrically isolated, plate-shaped neutrodes. The neutrode arrangement has a slot-shaped plasma beam outlet opening (40) which runs parallel to the longitudinal axis of the plasma channel. Each electrode is enclosed by a hollow chamber via which an inert gas is fed. The magnetic field of at least one permanent magnet arrangement (36,37) exerts a force on the arc opposite to the flow of the plasma gas.



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 851 720 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
06.10.1999 Patentblatt 1999/40

(51) Int Cl. 6: H05H 1/34

(21) Anmeldenummer: 97810823.1

(22) Anmeldetag: 03.11.1997

### (54) Indirektes Plasmatron

Non-transferred arc plasmatron

Plasmatron à arc non transféré

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT CH DE FR GB IT LI NL SE

- Zierhut, Jochen, Dipl.-Ing.  
85521 Ottobrunn (DE)
- Hartmann, Ralf, Dipl.-Phys.  
85598 Baldham (DE)

(30) Priorität: 23.12.1996 CH 317196

(74) Vertreter: Rottmann, Maximilian R.  
c/o Rottmann, Zimmermann + Partner AG  
Glattalstrasse 37  
8052 Zürich (CH)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
01.07.1998 Patentblatt 1998/27

(56) Entgegenhaltungen:  
EP-A- 0 500 491 EP-A- 0 506 552  
US-A- 3 786 306

(73) Patentinhaber: Sulzer Metco AG  
5610 Wohlen (CH)

(72) Erfinder:  
• Landes, Klaus, Dr.  
81479 München (DE)

EP 0 851 720 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingeleitet, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft ein indirektes Plasmatron zur Behandlung von Oberflächen gemäss dem Anspruch 1.

[0002] Als indirekte Plasmatrons werden Plasmaerzeuger mit einem aus einer Düse ausströmenden, elektrisch nicht stromführenden Plasmastrahl bezeichnet, wobei der Lichtbogen, im Gegensatz zu direkten Plasmatrons, nicht auf das Werkstück übertragen wird.

[0003] Plasmatrons dienen der Erzeugung von Plasmen sehr hoher Temperatur, die im Bereich von bis zu mehreren 10'000 Kelvin liegen kann.

[0004] Herkömmliche, indirekte Plasmatrons verfügen üblicherweise über eine Düse, aus der ein im wesentlichen kegelförmiger Plasmastrahl austritt (siehe z. B. EP-A-0 500 491). Die mit einem solchen Plasmatron auf einem Substrat beaufschlagte Fläche weist demzufolge einen kreisrunden Umriss auf. Dies ist in vielen Fällen jedoch unerwünscht, insbesondere dann, wenn grosse, rechteckige Flächen mit dem Plasmatron erwärmt oder beschichtet werden sollen.

[0005] Ein weiterer Nachteil, der den bekannten Plasmatrons anhaftet, besteht darin, dass die beaufschlagte Fläche relativ klein ist, da die Öffnung der Austrittsdüse einen beschränkten Durchmesser aufweist und ein vorbestimmter Abstand zwischen Düse und Substrat eingehalten werden muss.

[0006] Aus der US-Patentschrift Nr. 5 239 161 ist ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Beschichten von Substratoberflächen durch Plasmaspritzen bekannt, mittels welchem bzw. welcher die vorigängig erwähnten Nachteile weitgehend behoben werden können. Die Vorrichtung weist dazu eine längliche Plasmakammer auf, welche von einem einteiligen Körper begrenzt wird. Auf der einen Stirnseite der Plasmakammer ist die Anode und auf der anderen die Kathode angeordnet. Die Auslassdüse der Vorrichtung bzw. der Plasmakammer ist schlitzförmig ausgebildet und verläuft parallel zur Längsachse der Plasmakammer. Durch diese Merkmale soll erreicht werden, dass der austretende Plasmastrahl eine im wesentlichen rechteckige Kontur besitzt und relativ breit ist.

[0007] Obwohl die Grundidee eines solchen Brenners an und für sich interessant ist, hat sich in der Praxis gezeigt, dass die Vorrichtung keinen zuverlässigen Betrieb ermöglicht und dass insbesondere gravierende Probleme bei der Stabilisierung des Lichtbogens und der Lebensdauer des Plasmabrenners auftreten.

[0008] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein indirektes Plasmatron derart zu verbessern, dass ein stabiler Lichtbogen aufrechterhalten werden kann und dass die Lebensdauer der Elektroden, insbesondere der Anode, erhöht wird, wobei das Plasmatron sehr flexibel einsetzbar sein soll.

[0009] Diese Aufgabe wird durch ein indirektes Plasmatron gelöst, welches die im Anspruch 1 in Kombination aufgeführten Merkmale aufweist.

[0010] Durch den kaskadierten Aufbau des indirekten Plasmatrons, dessen Neutrodenanordnung aus einer Mehrzahl von plattenförmigen Neutroden besteht, die gegeneinander isoliert sind, wird sichergestellt, dass der Lichtbogen den Weg durch den Plasmakanal wählt und nicht sukzessive von Neutrode zu Neutrode fliesst. Ein kaskadierter Aufbau der Neutrodenanordnung ermöglicht darüber hinaus, die Breite des Neutrodenstapels und damit die Breite der Austrittsöffnung den Anforderungen entsprechend zu variieren.

[0011] Durch das weitere Merkmal, dass jede Elektrode von einer Kammer umgeben ist, über welche ein Inertgas zuführbar ist, kann die thermische Belastung der Elektroden reduziert werden, indem letztere von einem Inert-Gas, beispielsweise Argon, umspült werden. Dies bewirkt einerseits eine verbesserte Kühlung der Elektroden und ermöglicht zum anderen die Beeinflussung des Lichtbogenansatzes an den Elektroden, indem die Fläche des Bogenansatzes durch die Wahl des Gases verändert werden kann. Um einen möglichst diffusen, grossen Fusspunkt zu erhalten, hat sich Argon sehr bewährt.

[0012] Schliesslich kann durch den Einsatz eines oder mehrerer Permanentmagneten-Paare die Form und die Position des Lichtbogens beeinflusst werden. Dies ist bei einem Plasmatron, bei dem die Plasmastrahl-Austrittsöffnung parallel zur Längsachse des Plasmakanals verläuft, sehr wichtig, da der Lichtbogen durch die quer zur Brennerachse verlaufende Gasströmung in eine gekrümmte Form gezwungen wird. Ohne die Wirkung eines Magnetfeldes wird der Lichtbogen jeweils soweit ausgelenkt und gekrümmmt, dass er starken Schwankungen unterliegt und sogar abreisst. Durch die Magnetenordnungen kann dies verhindert werden, indem die Magnetfelder auf den Lichtbogen eine Kraft ausüben, die der durch die Strömung des Plasmagases auf den Lichtbogen ausgeübten Kraft entgegenwirkt. Durch die Anzahl, Plazierung und Feldstärke der eingesetzten Magnete kann auf Betriebsparameter wie beispielsweise Gasmenge und Gasgeschwindigkeit Rücksicht genommen werden und der Lichtbogen in einer vorbestimmten Position gehalten werden.

[0013] Durch die in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel vorgeschlagene Ausbildungsform des indirekten Plasmatrons, bei der die in einzelnen Neutroden angeordneten Öffnungen an eine erste Gasquelle anschliessbar sind, und die die Elektroden umgebenden Hohlräume an eine zweite Gasquelle anschliessbar sind, kann eine Trennung zwischen dem die Elektroden umströmenden Gas und dem eigentlichen Plasmagas erreicht werden. Dies hat beispielsweise den Vorteil, dass ein reaktives Gas über die in den Neutroden angeordneten Öffnungen zugeführt werden kann, ohne dass dies negative Auswirkungen auf die Lebensdauer der Elektroden hätte, da die Elektroden mit einem inerten Gas umspült werden können, und dadurch abgeschirmt werden.

[0014] Nachfolgend soll ein Ausführungsbeispiel der

Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert werden. In diesen Zeichnungen zeigt:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch das indirekte Plasmatron;

5

Fig. 1a eine Frontansicht des indirekten Plasmatrons;

10

Fig. 2 einen ersten Querschnitt durch das indirekte Plasmatron entlang der Linie A-A in Fig. 1;

15

Fig. 3 einen zweiten Querschnitt durch das indirekte Plasmatron entlang der Linie B-B in Fig. 1;

20

Fig. 3a eine Frontansicht einer Neutrode, und

25

Fig. 4 einen dritten Querschnitt durch das indirekte Plasmatron entlang der Linie C-C in Fig. 1.

30

**[0015]** Fig. 1 zeigt ein schematisch dargestelltes, indirektes Plasmatron, anhand dessen die im Zusammenhang mit der Erfindung wesentlichen Merkmale näher erläutert werden sollen. Das Plasmatron besteht im wesentlichen aus einer zentralen Neutrodenanordnung 1, an die sich auf beiden Seiten je ein Elektrodenkörper 2, 3, ein Isolationskörper 4, 5 und ein Anschlusslement 6, 7 anschliessen. Die Anschlusslemente 6, 7 dienen der Aufnahme der Elektroden 9, 10, wobei im vorliegenden Beispiel die linke Elektrode 9 die Kathode und die rechte Elektrode 10 die Anode darstellt.

35

**[0016]** Die Neutrodenanordnung 1 weist eine Vielzahl von plattenförmig ausgebildeten Neutronen 1a bis 1i auf, welche einen Plasmakanal 8 begrenzen. Die beiden Elektroden 9, 10 sind koaxial zur Längsachse L des Plasmakanals 8 angeordnet. Um den elektrischen Längs-Widerstand der Neutrodenanordnung 1 zu erhöhen, sind die einzelnen Neutronen 1a bis 1i elektrisch gegeneinander isoliert. Als Isolation dienen zwischen den Neutronen 1a bis 1i eingefügte Isolierscheiben, welche zugunsten einer übersichtlichen Darstellung nicht eingezeichnet sind.

40

**[0017]** Die Neutrodenanordnung 1 wird auf beiden Seiten vom Elektrodenkörper 2, 3 begrenzt, an den sich nach aussen jeweils der Isolationskörper 4, 5 sowie das Anschlusslement 6, 7 anschliesst.

45

**[0018]** Beide Elektrodenkörper 2, 3, sind aus einem Isoliermaterial gefertigt.

50

**[0019]** Zur Kühlung des Plasmatrons sind sowohl die Neutronen 1a bis 1i wie auch die beiden Elektrodenkörper 2, 3 mit Kühlwasserkanälen 16, 21, 31 versehen. Auch die beiden Elektroden 9, 10 sind über in ihrem Innern angebrachte Kühlwasserkanäle 38, 39 an einen extern vorgesehenen Kühlwasserkreislauf angeschlossen.

55

**[0020]** Von den neun Neutronen 1a bis 1i sind deren fünf 1c bis 1g mit einem zentral in den Plasmakanal 8 mündenden Plasmagaskanal 18 versehen.

**[0021]** Die beiden Elektrodenkörper 2, 3 weisen je eine zentrale, sich zum Plasmakanal 8 hin verengende Bohrung 11, 12 auf, in welche die jeweilige Elektrode 9, 10 derart hineinragt, dass zwischen der Elektrode 9, 10 und der Bohrungswandung ein Hohlraum in Form eines Ringkanals 19, 20 gebildet wird. Diese beiden Ringkanäle 19, 20 sind über in den Isolationskörpern 4, 5 angeordnete Bohrungen 23, 24 mit je einem Anschlusskanal 14, 15 verbunden, über welchen ein Gas G zugeführt werden kann.

**[0022]** Fig. 1a zeigt eine Frontansicht des indirekten Plasmatrons. Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, dass sich die Plasmastrahl-Austrittsöffnung 40 über die Breite von fünf Neutronen 1c bis 1g erstreckt.

**[0023]** Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch das Plasmatron bzw. eine Neutrode 1a entlang der Linie A-A in Fig. 1. Anhand dieser Darstellung ist ersichtlich, dass die Neutrode 1a mit einer zentralen Querbohrung 26 versehen ist, welche einen Teil des Plasmakanals bildet und der Führung des Lichtbogens dient. Neben den jeweils letzten Neutronen 1a, 1i des Neutronenstapels sind auch die beiden sich nach innen anschliessenden Neutronen 1b, 1h mit je einer Bohrung versehen, welche einen Teil des Plasmakanals 8 (Fig. 1) bilden und der Stabilisierung des Lichtbogens dienen. Sämtliche Neutronen sind zur Kühlung mit Kühlkanälen 16 versehen, welche an einem Kühlwasserkreislauf angeschlossen werden. Über die Bohrungen 27 können die einzelnen Neutronen, unter Dazwischenfügen von Isolierplatten, miteinander verbunden und zu der Neutrodenanordnung zusammengefügt werden. Auf die Darstellung der notwendigen Verbindungselemente sowie allenfalls vorhandener Dichtelemente wurde bewusst verzichtet.

**[0024]** Die in der Fig. 3 dargestellte Neutrode 1c ist anstelle einer zentralen Querbohrung mit einer schlitzförmigen Ausnehmung 33 versehen, welche ebenfalls einen Teil des Plasmakanals 8 (Fig. 1) bildet. Die nach aussen führende Ausnehmung 33 bildet gleichzeitig auch einen Teil der Plasmastrahl-Austrittsöffnung, welche sich im vorliegenden Beispiel über die Breite von fünf mit solchen Ausnehmungen 33 versehenen Neutronen 1c bis 1g (Fig. 1a) erstreckt. Die Innenseite der Ausnehmung 33 wird durch eine, im Querschnitt gesehene, halbkreisförmig ausgebildete Wandung 34 begrenzt. Im Zentrum dieser halbkreisförmig ausgebildeten Wandung 34 mündet der Plasmagaskanal 18 in die Ausnehmung 33.

**[0025]** Fig. 3a zeigt eine Frontansicht der in Fig. 3 geschnittenen dargestellten Neutrode 1c. Aus dieser Darstellung sind sowohl die Ausnehmung 33 wie auch die Mündung des Plasmagaskanals 18 ersichtlich.

**[0026]** Die in der Figur 4 dargestellte Neutrode 1d entspricht weitgehend derjenigen der Figur 3, wobei zusätzlich zwei Permanentmagnete 36, 37 vorgesehen sind, wovon der eine Magnet unterhalb und der andere oberhalb der Ausnehmung 33 angeordnet sind. Die Nord-Süd-Achsen A der jeweiligen Magnete 36 bzw. 37 fallen zusammen und verlaufen zumindest annähernd

unter einem rechten Winkel zur Längsachse L des Plasmakanals 8, wobei die Magnete 36, 37, in Strömungsrichtung des Plasmastrahls gesehen, nach der Längsachse L des Plasmakanals 8 angeordnet sind. Durch diese Platzierung wird bewirkt, dass die Magnetfelder auf den Lichtbogen eine der Strömung des Plasmagas entgegengerichtete Kraft ausüben, wodurch der Lichtbogen in einer vorbestimmten Lage stabilisiert wird. Es versteht sich, dass jeweils ungleiche Pole der einzelnen Magnete 36, 37 einander gegenüberliegen; also N-S bzw. S-N.

[0027] Die Anzahl derjenigen Neutroden, die mit einem Permanentmagneten-Paar versehen sind, kann von verschiedenen Betriebsparametern, wie z.B. Bogenstrom, Plasmagasmenge, Plasmagassgeschwindigkeit, sowie auch von geometrischen Abmessungen der Neutrodenanordnung usw. abhängig gemacht werden. Als weitere Variationsmöglichkeit können Magnete mit unterschiedlicher Feldstärke verwendet werden. In der Praxis hat sich bewährt, etwa zwei oder drei Neutroden mit Magneten zu versehen, wobei diese Zahl keinesfalls einschränkenden Charakter aufweisen soll. Wichtig ist zudem, dass die Neutroden, bei der vorgeschlagenen Anordnung der Magnete, aus einem nichtmagnetisierbaren Material, vorzugsweise aus Kupfer oder einer Kupferlegierung, gefertigt sind. Der Vorteil von Permanent- gegenüber Elektromagneten besteht u. a. darin, dass keine externe Energiezufuhr notwendig ist, dass der Aufbau kompakter und einfacher gestaltet werden kann und dass eine gezieltere Beeinflussung des Lichtbogens möglich ist.

[0028] Nachfolgend sollen einige Erläuterungen zur Wirkungsweise eines mit den erfundungsgemäßen Merkmalen versehenen Plasmatrons angefügt werden. Da die prinzipielle Funktionsweise von gattungsgemäßen Plasmatrона jedoch bekannt ist, wird nur auf die im Zusammenhang mit der Erfindung wesentlichen Merkmale und Betriebsparameter eingegangen:

[0029] Über die in den beiden Anschlusslementen 6, 7 ausgebildeten Anschlusskanäle 14, 15 wird koaxial zur Längsachse des Plasmakanals 8 ein inertes Gas zugeführt, welches über den Ringkanal 19, 20 des jeweiligen Elektrodenkörpers 2, 3 von zwei Seiten in den Plasmakanal 8 strömt. Dieses Gas umspült die beiden Elektroden 9, 10, was sich positiv auf deren Kühlung auswirkt. Zudem schirmt dieses Gas die Elektroden 9, 10 gegenüber dem eigentlichen Plasmastrahl ab, was insbesondere dann wichtig sein kann, wenn über die zentralen Plasmagaskanäle 18 ein reaktives Gas zugeführt wird.

[0030] Durch die Wahl des die Elektroden 9, 10 umspülenden Gases kann der Fusspunkt des an den Elektroden 9, 10 ansetzenden Lichtbogens, insbesondere desjenigen an der Anode 10, variiert, namentlich vergrössert, werden, was sich in einer punktuell verringerten thermischen Belastung der Elektroden 9, 10 niederschlägt.

[0031] Durch das Vorsehen von getrennten Gaszu-

fuhrkanälen 14, 15, 18, eröffnen sich zudem neue Möglichkeiten. Beispielsweise kann, wie bereits vorgängig erwähnt, über die beiden seitlich in den Plasmakanal mündenden Kanäle 14, 15 ein inertes Gas zugeführt werden, währenddem über die zentralen Plasmagaskanäle 18 der Neutroden 1c bis 1g ein reaktives Gas zugeführt werden kann, ohne dass dies negative Auswirkungen auf die Standzeiten der Elektroden 9, 10 hätte. Durch die Zufuhr eines reaktiven Gases kann ausserdem ein zusätzlicher Leistungsgewinn realisiert werden.

[0032] Ein weiterer Leistungsgewinn kann durch die Verwendung von brennbaren Gasen, beispielsweise Butan, erreicht werden, die durch die zentralen Plasmagaskanäle 18 zugeführt werden. Damit steht zusätzlich zu dem vorgängig erwähnten Leistungsgewinn die chemische Energie des exothermen Reaktionsprozesses zur Verfügung.

[0033] Das Vorsehen einer Mehrzahl von mit zentralen Plasmagaskanälen 18 versehenen Neutroden 1c bis 1g ermöglicht es, die Form des austretenden Plasmastrahls zu verändern, indem ggf. die Gasmenge und die Gasgeschwindigkeit von Plasmagaskanal zu Plasmagaskanal 18 variiert wird.

[0034] Durch die spezifische Anordnung der Permanentmagnete 36, 37 kann der Lichtbogen innerhalb des Plasmakanals 8 stabilisiert werden. Dies macht sich u. a. in einer konstanten Betriebsspannung und damit einer konstanten Brennerleistung, einem sehr leisen Betrieb sowie einer erhöhten Lebensdauer der Elektroden bemerkbar.

[0035] Durch den kaskadierten Aufbau der Neutrodenanordnung kann die geometrische Abmessung des Plasmatrons auf einfachste Weise verändert werden, indem beispielsweise die Anzahl und/oder die Ausbildung der Neutroden verändert wird. Beispielsweise könnten anstelle von fünf mit einer schlitzförmigen Ausnehmung versehenen Neutroden sieben verwendet werden, wodurch die Breite des austretenden Plasmastrahls entsprechend verändert würde. Denkbar ist beispielsweise auch, dass Neutroden Verwendung finden, deren schlitzförmige Ausnehmung anders gestaltet ist, oder dass Neutroden verwendet werden, deren zur Lichtbogenstabilisierung vorgesehene Bohrungen unterschiedlich ausgestaltet sind.

#### Patentansprüche

50 1. Indirektes Plasmatron zur Behandlung von Oberflächen, mit folgenden Merkmalen :

- es ist ein langgestreckter Plasmakanal (8) vorgesehen, der durch eine Neutrodenanordnung (1) gebildet ist;
- die zur Erzeugung des Lichtbogens erforderlichen Elektroden (9, 10) sind koaxial zur Längs-

achse (L) des Plasmakanals (8) angeordnet;

- die Neutrodenanordnung (1) umfasst eine Mehrzahl von elektrisch gegeneinander isolierten, plattenförmigen Neutroden (1a bis 1i);

dadurch gekennzeichnet, daß :

- die Neutrodenanordnung (1) mit einer schlitzförmigen Plasmastrahl-Austrittsöffnung (40) versehen ist, welch letztere parallel zur Längsachse (L) des Plasmakanals (8) verläuft;
- jede Elektrode (9, 10) von einem Hohlraum (19, 20) umgeben ist, über welchen ein Inertgas zuführbar ist, und
- zumindest eine Permanentmagneten-Anordnung (36, 37) vorgesehen ist, deren Magnetfeld auf den Lichtbogen eine der Strömung des Plasmagases entgegengerichtete Kraft ausübt.

2. Indirektes Plasmatron nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einzelne Neutroden (1c-1g) mit einem Kanal (18) zur Zufuhr eines Gases in den Plasmakanal (8) versehen sind.

3. Indirektes Plasmatron nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Längsachse des Kanals (18) zur Zufuhr eines Gases unter einem zumindest annähernd rechten Winkel zur Längsachse (L) des Plasmakanals (8) verläuft.

4. Indirektes Plasmatron nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Neutroden (1a-1i) aus einem nicht magnetisierbaren Material, vorzugsweise aus Kupfer oder einer Kupferlegierung bestehen, und dass zumindest eine Neutrode (1d) mit einem Permanentmagneten-Paar (36, 37) versehen ist.

5. Indirektes Plasmatron nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Nord-Süd-Achsen der jeweiligen Magnete (36; 37) einer Neutrode zusammenfallen und zumindest annähernd unter einem rechten Winkel zur Längsachse (L) des Plasmakanals (8) verlaufen, wobei die Magnete (36, 37), in Strömungsrichtung des Plasmastrahls gesehen, nach der Längsachse (L) des Plasmakanals (8) angeordnet sind.

6. Indirektes Plasmatron nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest drei Neutroden (1a-1i) vorgesehen sind und dass zumindest eine Neutrode (1c-1g) mit einem Kanal (18) zur Zufuhr eines Gases in den Plasmakanal (8) versehen sind.

7. Indirektes Plasmatron nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die in einzelnen Neutroden (1c-1g) angeordneten Kanäle (18) an eine erste Gasquelle anschliessbar sind, währenddem die die Elektroden umgebenden Hohlräume (19, 20) mit einer zweiten Gasquelle verbindbar sind.

8. Indirektes Plasmatron nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mehrzahl der Neutroden (1c-1g), zur Bildung des Plasmakanals (8) und der Plasmastrahl-Austrittsöffnung (40), mit je einer schlitzförmigen Ausnehmung (33) versehen sind, wobei die Kanäle (18) zur Zufuhr eines Gases zentral in die jeweilige Ausnehmung (33) münden.

9. Indirektes Plasmatron nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Neutrodenanordnung (1) die Plasmastrahl-Austrittsöffnung (40) seitlich begrenzende Neutroden (1a, 1b, 1h, 1i) aufweist, welche mit einer Bohrung (26) versehen sind, die einen Teil des Plasmakanals (8) bilden und den Lichtbogen in einer vorbestimmten Lage stabilisieren.

10. Indirektes Plasmatron nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anode (10) eine im wesentlichen plane Endfläche aufweist, an welcher der Lichtbogen ansetzt.

11. Indirektes Plasmatron nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode (9) eine Kegel- oder Kegelstampfförmige Spitze aufweist, an welcher der Lichtbogen ansetzt.

#### Claims

1. Indirect plasmatron for treating surfaces, having the following features:

- an elongated plasma channel (8) is provided which is formed by a neutrode arrangement (1);
- the electrodes (9, 10) required to generate the arc are arranged coaxially with the longitudinal axis (L) of the plasma channel (8);
- the neutrode arrangement (1) comprises a plurality of electrically mutually insulated, plate-shaped neutrodes, (1a to 1i);

characterized in that:

- the neutrode arrangement (1) is provided with a slot-shaped plasma jet outlet opening (40),

which latter runs parallel to the longitudinal axis (L) of the plasma channel (8);

- each electrode (9, 10) is surrounded by a cavity (19, 20) via which an inert gas can be fed, and
- at least one permanent magnet arrangement (36, 37) is provided, whose magnetic field exerts on the arc a force directed opposite to the flow of the plasma gas.

2. Indirect plasmatron according to Claim 1, characterized in that at least individual neutrodes (1c-1g) are provided with a channel (18) for feeding a gas into the plasma channel (8).

3. Indirect plasmatron according to Claim 2, characterized in that the longitudinal axis of the channel (18) for feeding a gas runs at least approximately at a rightangle to the longitudinal axis (L) of the plasma channel (8).

4. Indirect plasmatron according to one of the preceding claims, characterized in that the neutrodes (1a-1i) consist of a non-magnetizable material, preferably of copper or a copper alloy, and in that at least one neutrode (1d) is provided with a permanent magnet pair (36, 37).

5. Indirect plasmatron according to Claim 4, characterized in that the north-south axes of the respective magnets (36; 37) of a neutrode coincide and run at least approximately at a rightangle to the longitudinal axis (L) of the plasma channel (8), it being the case that, seen in the direction of flow of the plasma jet, the magnets (36, 37) are arranged downstream of the longitudinal axis (L) of the plasma channel (8).

6. Indirect plasmatron according to one of Claims 2 to 5, characterized in that at least three neutrodes (1a-1i) are provided, and in that at least one neutrode (1c-1g) is provided with a channel (18) for feeding a gas into the plasma channel (8).

7. Indirect plasmatron according to one of Claims 2 to 6, characterized in that the channels (18) arranged in individual neutrodes (1c-1g) can be connected to a first gas source, while the cavities (19, 20) surrounding the electrodes can be connected to a second gas source.

8. Indirect plasmatron according to one of the preceding claims, characterized in that, for the purpose of forming the plasma channel (8) and the plasma jet outlet opening (40), a plurality of the neutrodes (1c-1g) are each provided with one slot-shaped cutout (33), the channels (18) opening centrally into the respective cutout (33) for the purpose of feeding a

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

gas.

9. Indirect plasmatron according to one of the preceding claims, characterized in that the neutrode arrangement (1) has neutrodes (1a, 1b, 1h, 1i) which laterally border the plasma jet outlet opening (40), are provided with a bore (26), form a part of the plasma channel (8) and stabilize the arc in a predetermined position.

10. Indirect plasmatron according to one of the preceding claims, characterized in that the anode (10) has an essentially planar end face to which the arc attaches.

11. Indirect plasmatron according to one of the preceding claims, characterized in that the cathode (9) has a conical or frustoconical tip to which the arc attaches.

**Revendications**

1. Plasmatron à arc non transféré destiné au traitement des surfaces, comprenant les caractéristiques suivantes :

- il est prévu un canal à plasma (8) de forme allongée qui est formé par un système de neutrodes (1) ;
- les électrodes (9, 10) nécessaires pour générer un arc électrique sont disposées dans le sens coaxial par rapport à l'axe longitudinal (L) du canal à plasma (8) ;
- le système de neutrodes (1) contient une pluralité de neutrodes (1a à 1i) en forme de plaquettes, isolées électriquement les unes par rapport aux autres ;

caractérisé en ce que

- le système de neutrodes (1) est muni d'un orifice de sortie (40) du jet de plasma, en forme de fente, lequel orifice est parallèle à l'axe longitudinal (L) du canal à plasma (8) ;
- chaque électrode (9, 10) est entourée par un espace creux (19, 20) par lequel il est possible de transporter un gaz inerte ;
- et il est prévu au moins un système d'aimants permanents (36, 37), dont le champ magnétique exerce sur l'arc électrique une force à l'encontre du flux du gaz plasmagène.

2. Plasmatron à arc non transféré selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'au moins certaines neutrodes (1c-1g) sont munies d'un canal (18) destiné à l'admission d'un gaz dans le canal à plasma (8).

3. Plasmatron à arc non transféré selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'axe longitudinal du canal (18) destiné à l'admission d'un gaz s'étend au moins presque perpendiculairement à l'axe longitudinal (L) du canal à plasma (8).  
que des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'anode (10) présente un bout sensiblement plat, contre lequel se forme l'arc électrique.

4. Plasmatron à arc non transféré selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les neutrodes (1a-1i) sont réalisées dans un matériau non magnétisable, de préférence du cuivre ou un alliage de cuivre, et en ce qu'au moins une neutrode (1d) est munie d'une paire d'aimants permanents (36, 37).  
10

5. Plasmatron à arc non transféré selon la revendication 4, caractérisé en ce que les axes nord-sud de chaque aimant (36 ; 37) d'une neutrode coïncident et s'étendent au moins presque perpendiculairement à l'axe longitudinal (L) du canal à plasma (8), les aimants (36, 37) étant disposés en aval de l'axe longitudinal du canal à plasma (8), par référence au sens de circulation du jet de plasma.  
15

6. Plasmatron à arc non transféré selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'il est prévu au moins trois neutrodes (1a-1i) et en ce qu'au moins une neutrode (1c-1g) est munie d'un canal (18) destiné à l'admission d'un gaz dans le canal à plasma (8).  
20  
25

7. Plasmatron à arc non transféré selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que les canaux (18) réalisés dans certaines neutrodes (1c-1g) peuvent être branchés à une première source de gaz, alors que les espaces creux (19, 20) entourant les électrodes peuvent être branchés à une deuxième source de gaz.  
30  
35

8. Plasmatron à arc non transféré selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une pluralité de neutrodes (1c-1g), destinées à former le canal à plasma (8) et l'orifice de sortie (40) du jet de plasma, sont munies chacune d'un évidement (33) en forme de fente, les canaux (18), destinés à l'admission d'un gaz, débouchant au centre de chaque évidement (33).  
40  
45

9. Plasmatron à arc non transféré selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le système de neutrodes (1) contient les neutrodes (1a, 1b, 1h, 1i) qui délimitent latéralement l'orifice de sortie (40) du jet de plasma, les quelles neutrodes sont munies d'une forure (26), qui forme une partie du canal à plasma (8) et stabilise l'arc électrique dans une position prédéterminée.  
50  
55

10. Plasmatron à arc non transféré selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la cathode (9) présente une pointe en forme de cône ou de cône tronqué, contre laquelle se forme l'arc électrique.  
60

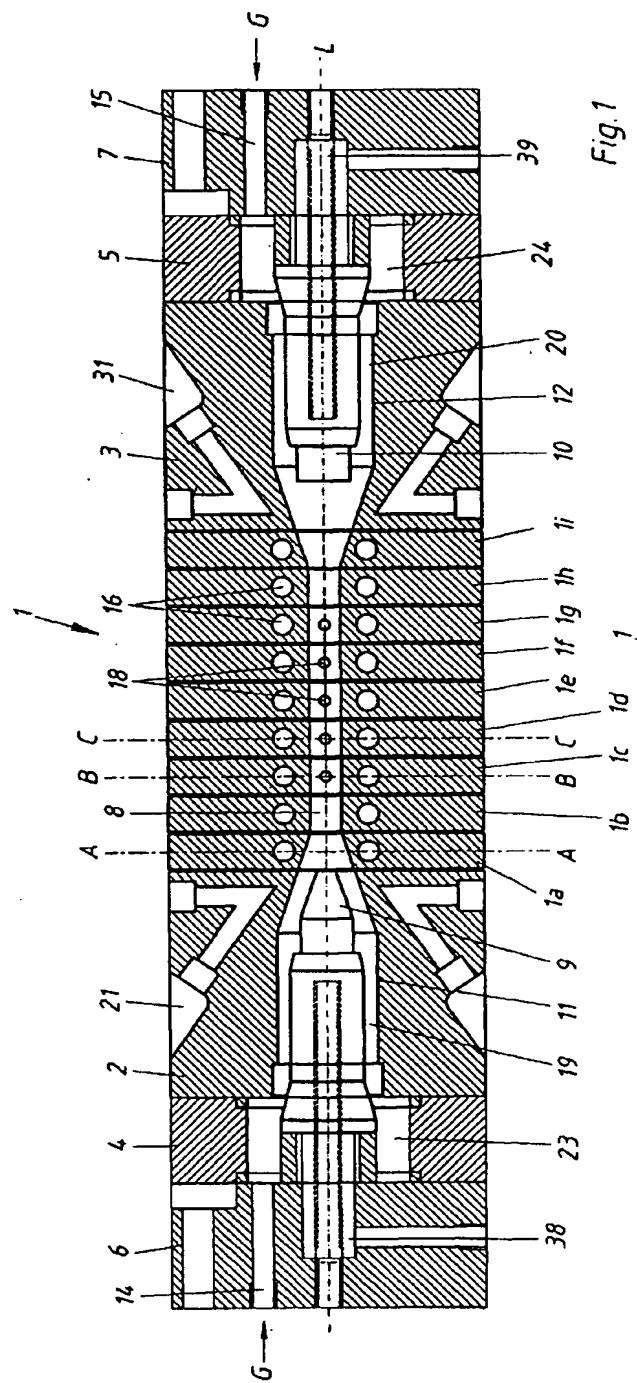


Fig. 1

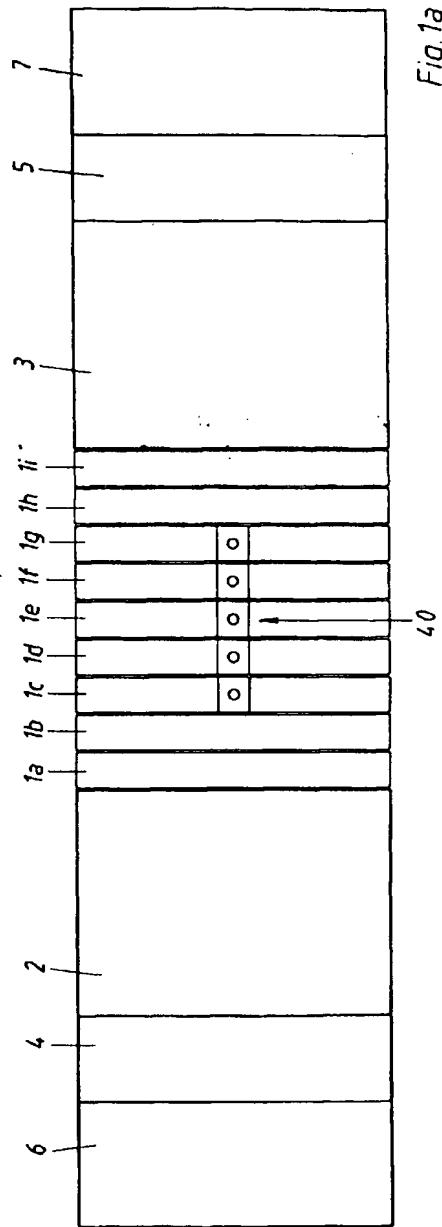


Fig. 1a

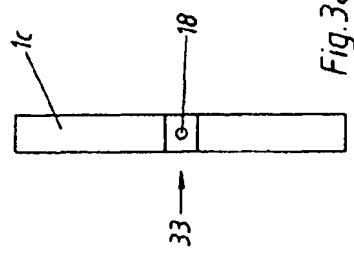


Fig. 3a

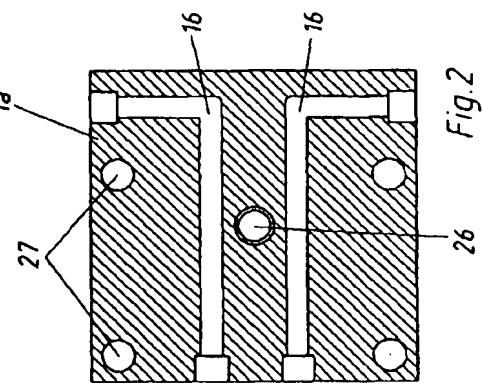


Fig. 2

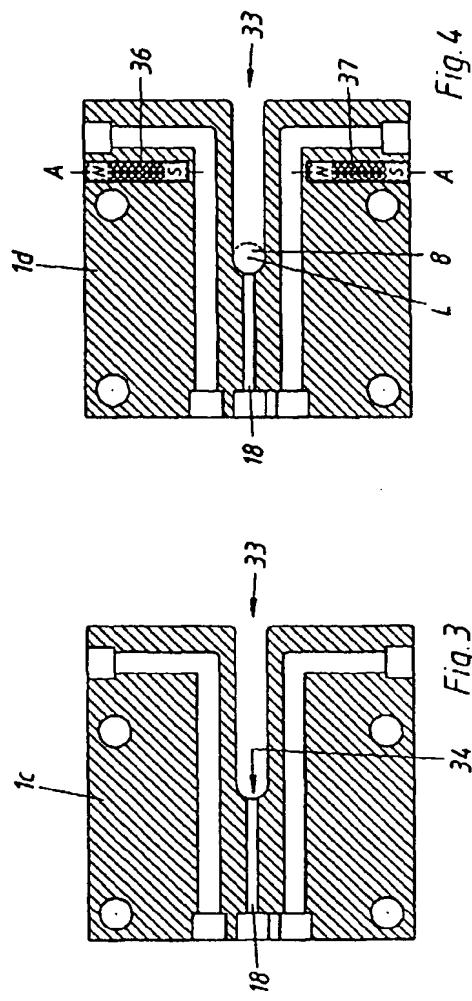


Fig. 3

Fig. 4